

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-216692

(43)Date of publication of application : 02.08.2002

(51)Int.Cl.

H01J 37/147
G01R 1/06
G01R 31/302
G03F 1/08
G21K 5/04
H01J 37/12
H01J 37/28

(21)Application number : 2001-008992

(71)Applicant : NIKON CORP
EBARA CORP

(22)Date of filing : 17.01.2001

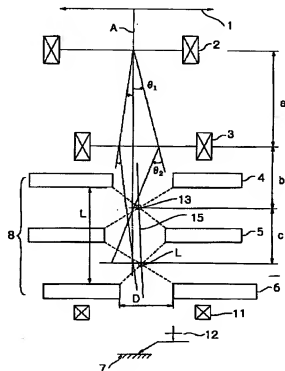
(72)Inventor : HAMASHIMA MUNEKI
NAKASUJI MAMORU
NOMICHI SHINJI
SAKATA TORU

(54) CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately collimate thick lenses.

SOLUTION: A charged particle beam device which images a charged particle beam on an object comprises objective lenses (8) comprising at least first, second, and third axial symmetry electrodes (4, 5 and 6), in the incident order of charged particle beams, and at least two stages of polarizers (2, and 3) provided before the objective lenses for polarizing charged particle beams incident on the objective lenses. At least two stages of polarizers collimate the objective lenses so that change of main beam coming from the objective lens when an electric potential difference applied between the first and second axial symmetry electrodes is changed comes to be substantially minimum while change of main beam coming from the objective lens when an electric potential difference applied between the second and third axial symmetry electrodes is changed comes to be substantially minimum.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-216692

(P2002-216692A)

(43) 公開日 平成14年8月2日(2002.8.2)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テコード(参考)

H 0 1 J 37/147

H 0 1 J 37/147

B 2 G 0 1 1

G 0 1 R 1/06

G 0 1 R 1/06

F 2 G 1 3 2

31/302

G 0 3 F 1/08

S 2 H 0 9 5

G 0 3 F 1/08

G 2 1 K 5/04

M 5 C 0 3 3

G 2 1 K 5/04

C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全9頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-8992(P2001-8992)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(22) 出願日 平成13年1月17日(2001.1.17)

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 浜島 宗樹

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

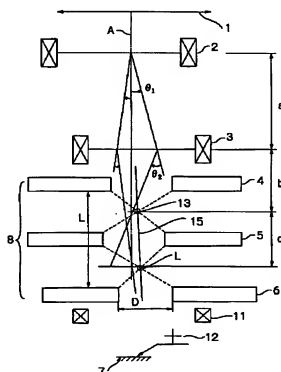
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線装置及びそのような装置を用いたデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 厚肉レンズを正確に軸合わせする。

【解決手段】 荷電粒子線を対象に結像させる、荷電粒子線装置において荷電粒子線の入射順に第1、第2及び第3の少なくとも3枚の軸対称電極(4、5、6)を備えた対物レンズ(8)、と、対物レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するため該対物レンズの前段に配置された2段以上の偏向器(2、3)と、を含み、2段以上の偏向器は、第1及び第2の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときの対物レンズを出た主光線の変化を実質的に最小にし、且つ、第2及び第3の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときの対物レンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、対物レンズの軸合わせを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 荷電粒子線を対象に結像させる、荷電粒子線装置であって、前記荷電粒子線の入射側に第 1、第 2 及び第 3 の少なくとも 3 枚の軸対称電極を備えたレンズと、

前記レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するため前記レンズの前段に配置された 2 段以上の偏向器と、を含む、

前記 2 段以上の偏向器は、前記第 1 及び第 2 の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときの前記レンズを出た主光線の変化を実質的に最小にし、且つ、前記第 2 及び第 3 の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときの前記レンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、前記レンズの軸合わせをなしたことを特徴とする、荷電粒子線装置。

【請求項 2】 荷電粒子線を対象に結像させる、荷電粒子線装置であって、少なくとも 2 極の軸対称電極を備えたレンズと、前記レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するため前記レンズの前段に配置された 2 段以上の偏向器と、を含む、

前記 2 段以上の偏向器は、入射側の軸対称電極に印加される電位を変化させたときの前記レンズを出た主光線の変化を実質的に最小にし、且つ、出射側の軸対称電極に印加される電位を変化させたときの前記レンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、前記レンズの軸合わせをなしたことを特徴とする、荷電粒子線装置。

【請求項 3】 荷電粒子線を対象に結像させる、荷電粒子線装置であって、前記荷電粒子線の入射側に第 1、第 2 及び第 3 の少なくとも 3 枚の軸対称電極を備えたレンズと、

前記レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するため前記レンズの前段に配置された 2 段以上の偏向器と、

前記 2 段以上の偏向器を制御する電源と、

を含む、

前記電源は、前記第 1 及び第 2 の軸対称電極間の特定の光軸方向位置を第 1 の偏向主点とする前記 2 段以上の偏向器の偏向感度比の第 1 のモードと、前記第 2 及び第 3 の軸対称電極間の特定の光軸方向位置を第 2 の偏向主点とする前記 2 段以上の偏向器の偏向感度比の第 2 のモードとを有することを特徴とする、荷電粒子線装置。

【請求項 4】 荷電粒子線を対象に結像させる、荷電粒子線装置であって、

少なくとも 2 極の軸対称電極を備えたレンズと、

前記レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するため前記レンズの前段に配置された 2 段以上の偏向器と、

前記 2 段以上の偏向器を制御する電源と、

を含む、

前記電源は、入射側の軸対称電極の特定の光軸方向位置

を第 1 の偏向主点とする前記 2 段以上の偏向器の偏向感度比の第 1 のモードと、出射側の前記軸対称電極の特定の光軸方向位置を第 2 の偏向主点とする前記 2 段以上の偏向器の偏向感度比の第 2 のモードとを有することを特徴とする、荷電粒子線装置。

【請求項 5】 試料を評価するため構成された、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の荷電粒子線装置であって、

一次荷電粒子線を放出する荷電粒子源と、

放出された一次荷電粒子線を集束してクロスオーバーを形成するコンデンサレンズと、

前記コンデンサレンズ及び前記クロスオーバーの結像点の間に配置され、該コンデンサレンズを通して一次荷電粒子線から複数のビームを形成させる複数の開口を有するビーム形成手段と、

前記複数の開口を各々通過した複数のビームを試料に縮小結像させる結像光学系と、

前記試料に結像された前記複数のビームの各照射スポットが該試料上で走査されるように、該複数のビームを偏向させる偏向手段と、

前記試料面上で走査される前記複数のビームの各照射スポットから放出された複数の二次荷電粒子線の強度を各々検出する検出手段と、

を更に含み、

前記結像光学系は、少なくとも前記レンズ及び前記 2 段以上の偏向器を備えたことを特徴とする、前記荷電粒子線装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の荷電粒子線装置を用いて、プロセス途中又は完成品のウェーハを評価する工程を含む、デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、荷電粒子線を電子光学的に対象に結像させる荷電粒子線装置、及び、当該装置を用いて試料の欠陥検査等の評価を行うデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】半導体ウェーハやマスク等の試料の欠陥検出方法として、複数の細く絞った電子線等のプローブで試料上を同時走査して該試料から発生する二次電子を検出器で検出することにより、高分解能、高スループット、欠陥を検出する技術が知られている。この技術では、1つの電子銃から放出した一次電子線を複数の開口を備えたマルチ開口板を通過させることにより複数の電子ビームを形成する。そして、これらの電子ビームを一次光学系を介して試料に結像させて複数の照射スポットを形成し、偏向器を用いて各照射スポットを試料の検査面上で走査する。次に、各照射スポットから発生した二次電子を、二次光学系を介してマルチ検出器に結像させ、試料の画像信号を得ている。

【0003】このような電子線装置における電子線の軸合わせとして、例えば、次の方法が知られている。即ち、その配置位置における電子線の直径より大きい径の円形アパーチャを有する軸合わせ用のアパーチャマスクと、電子線の偏向器と、を用いる。この軸合わせ用のアパーチャマスクを、電子線を軸合わせようとする位置に、そのアパーチャ中心を一致して配置し、このマスクより更に電子線源側に、電子線をアパーチャ中心に偏向するため上記偏向器を配置する。次に、偏向器により電子線をアパーチャマスク上で走査し、該マスクから反射したビーム及びマスクを通過したビームの強度を検出することによって、アパーチャのエッジ位置を正確に測定する。そして、この測定されたエッジ位置からアパーチャ中心位置を求め、偏向器により電子線の軸を、求められたアパーチャ中心位置に一致させる、というものである。この軸合わせ方法では、レンズが両端であったり、或いは、その他の電子光学部品が光軸方向に薄い場合には、特に有効であると考えられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、対象とするレンズが厚肉であったり、又は、レンズ以外の電子光学部品が光軸方向に厚い場合、上記従来の軸合わせ方法のようにレンズ等の中心を主光線が通過させるようにするのみでは軸合わせが完全ではなく、レンズ軸に沿って主光線が通過するように軸合わせを行う必要がある。

【0005】電子線が上記説明のようにマルチビームになったり、或いは、いわゆる画像投影型の電子線装置を用いる場合、厚肉レンズを使用した方が低収差にできる場合があり、よって、このようなレンズへの軸合わせも重要となる。

【0006】本発明は、上記事実にも鑑みなされたもので、荷電粒子線を電子光学的に対象に投影する荷電粒子線装置において、厚肉レンズやその他の光軸方向に厚い電子光学部品を使用した場合であっても、そのレンズ軸に沿って主光線を正確に軸合わせすることができる、荷電粒子線装置を提供することを目的とする。

【0007】更に、本発明は、この荷電粒子線装置を用いて製造途中又は完成品の半導体デバイスを評価することによって、評価精度の向上及びデバイス製造の時間短縮を図ったデバイス製造方法を提供することを別の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の第1の態様は、荷電粒子線を対象に結像させる、荷電粒子線装置であって、荷電粒子線の入射側に第1、第2及び第3の少なくとも3枚の軸対称電極を備えたレンズと、レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するためレンズの前段に配置された2段以上の偏向器と、を含み、2段以上の偏向器は、第1及び第2の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときのレン

ズを出た主光線の変化を実質的に最小にし、且つ、第2及び第3の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、レンズの軸合わせをなしたことを特徴とする。

【0009】本発明の第1の態様では、好ましくは、2段以上の偏向器を制御する電源を更に備え、該電源は、第1及び第2の軸対称電極間の特定の光軸方向位置を第1の偏向主点とする2段以上の偏向器の偏向感度比の第1のモードと、第2及び第3の軸対称電極間の特定の光軸方向位置を第2の偏向主点とする前記2段以上の偏向器の偏向感度比の第2のモードを有する。第1のモードにおいて、第1及び第2の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするようにレンズの軸合わせを行い、第2のモードにおいて、第2及び第3の軸対称電極間に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、レンズの軸合わせを行う。これによって、荷電粒子線は、レンズの第1及び第2の偏向主点を結ぶ軸、即ち当該レンズの理想的な光軸を通過する。

【0010】本発明の第2の態様は、少なくとも2極の軸対称電極を備えたレンズと、レンズに入射する荷電粒子線を各々偏向するためレンズの前段に配置された2段以上の偏向器と、を含み、2段以上の偏向器は、入射側の軸対称電極に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にし、且つ、出射側の軸対称電極に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、レンズの軸合わせをなしたことを特徴とする。

【0011】本発明の第2の態様では、好ましくは、2段以上の偏向器を制御する電源を更に備え、該電源は、入射側の軸対称電極の特定の光軸方向位置を第1の偏向主点とする2段以上の偏向器の偏向感度比の第1のモードと、出射側の軸対称電極の特定の光軸方向位置を第2の偏向主点とする2段以上の偏向器の偏向感度比の第2のモードとを有する。第1のモードにおいて、入射側の軸対称電極に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように軸合わせを行い、第2のモードにおいて、出射側の軸対称電極に印加される電位差を変化させたときのレンズを出た主光線の変化を実質的に最小にするように、レンズの軸合わせを行う。これによって、荷電粒子線は、レンズの第1及び第2の偏向主点を結ぶ軸、即ち当該レンズの理想的な光軸を通過する。

【0012】本発明の第1及び第2の態様は、試料を評価するため構成された、いわゆる走査型の荷電粒子線装置に適用することができる。この走査型の荷電粒子線装置は、一次荷電粒子線を放出する荷電粒子源と、放出された一次荷電粒子線を集束してクロスオーバーを形成するコンデンサレンズと、コンデンサレンズ及びクロスオ

ーパーの結像点の間に配置され、該コンデンサレンズを通過した一次荷電粒子線から複数のビームを形成させる複数の開口を有するのビーム形成手段と、複数の開口を各々通過した複数のビームを試料に縮小結像させる結像光学系と、試料に結像された複数のビームの各照射スポットが該試料上で走査されるように、該複数のビームを偏向させる偏向手段と、試料面上で走査される複数のビームの各照射スポットから放出された複数の二次荷電粒子線の強度を各々検出する検出手段と、を更に含み、結像光学系は、少なくとも第1及び第2の態様にかかるレンズ及び2段以上の偏向器を備える。好ましくは、該レンズにおいて、軸対称電極の電極間隔比に対するボア径の比を1/3以下にするのがよい。これにより、収差係数を小さくすることができる。

【0013】上記のように良好に軸合わせがなされた収差の小さい厚いレンズを備えた荷電粒子線装置を用いて、プロセス途中又は完成品のウェハを評価する工程を含む、デバイス製造方法が実施できる。

【0014】本発明の他の態様及び作用効果は、以下の説明によって更に明らかとなる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の各実施形態を説明する。

(第1の実施形態) 図1には、本発明の第1の実施形態に係る電子線装置における軸合わせに関連する部分の拡大図が示されている。同図に示すように、この電子線装置は、図示しない電子線源から放出された電子線を試料7に結像させるため、前段レンズ1と試料7との間に、3枚の軸対称の対物レンズ電極4、5、6を1組として対物レンズ系8を構成している。これらの対物レンズ電極4、5、6には、電子線を通過させるためのボア(孔: bore)が中央に各々形成されている。

【0016】また、本電子線装置では、対物レンズ系8に射する電子線を偏向させて、その軸合わせを行うため、前段レンズ1と対物レンズ電極4との間に、偏向器2及び3を2段設けている。電子線を試料面上で2次元走査するため、対物レンズ電極6と試料7との間に、偏向器11を1段設けている。これらの電子光学部品は、図示しない電源により制御される。なお、試料7の走査面上には、位置合わせ用のマーカー12が形成されている。

【0017】ここで、対物レンズ系8のアスペクト比を $A=L/D$ と定義する。図示のように、Lは、最初の対物レンズ電極4から最後の対物レンズ電極6までの間隔、Dは、最もボア径の小さい対物レンズ電極のボア径(図の例では、電極6のもの)である。

【0018】軸合わせは、偏向器2及び3の電圧を変えて偏向角度を横々に調整して行いが、このときの偏向器2の偏向感度を θ_1 、偏向器3の偏向感度を θ_2 とする。

更に、偏向器2及び3の偏向中心間隔を a 、この偏向器3の偏向中心と、対物レンズ電極4及び5のほぼ中点との間の間隔を b 、対物レンズ電極4及び5のほぼ中点と、対物レンズ電極5及び6のほぼ中点との間の間隔を c と定義する。電極4及び5のほぼ中点は、これら電極間のレンズ中心13の軸方向高さの点、電極5及び6のほぼ中点は、これら電極間のレンズ中心14の軸方向高さの点に相当する。なお、中点に「ほぼ」と形容したのは、図示のように、完全に電極間の中点とは限らず、いずれかの電極のボア径が小さい場合には、この位置は完全な中点から小さい側の電極に移動する場合である。

【0019】次に、本実施形態の電子線装置における対物レンズ電極4、5、6の軸合わせの手順を説明する。なお、この軸合わせにおいて、偏向器2及び3の感度比 (θ_2/θ_1) が、0、 $(a+b)$ 、 $(a+b+c)/b$ の3種類のうち任意モードの感度比となるように偏向器2及び3を制御する電源のモードが設定されている。

【0020】先ず、感度比 (θ_2/θ_1) を0に設定した第1のモードで軸合わせを行う。対物レンズ系8を通過して試料7の面上に結像される電子線を、偏向器11で2次元走査し、発生した二次電子線を図示しない検出器で検出することによって、マーカー12の位置を測定する。このとき、電極4の電圧を小変化したときの上記マーカー12の位置の変化が最小になるように、感度比 (θ_2/θ_1) が0を保った状態で軸合わせを行う。

【0021】次に、感度比 (θ_2/θ_1) を $(a+b)/b$ に設定した第2のモードで軸合わせを行う。今回は、電極6の電圧を小変化したとき測定されたマーカー位置の変化が最小になるよう、感度比 (θ_2/θ_1) が $(a+b)/b$ の比を保った状態で偏向器2及び3の電圧を連動して変えて軸合わせを行う。

【0022】以上の軸合わせで電極4及び5によるレンズ中心13と、電極5及び6によるレンズ中心14を通る軸15に、軸合わせが完了する。即ち、偏向器2及び3を通過した電子線は、対物レンズ系8の理想的な光軸15を略通過する。

【0023】軸合わせをより確実にするため、感度比 (θ_2/θ_1) を $(a+b+c)/b$ に設定した第3のモードで、更に軸合わせを行うのが好ましい。この場合、電極4の電圧を小変化したとき測定されたマーカー位置の変化が最小になるよう、感度比 (θ_2/θ_1) が $(a+b+c)/b$ の比を保った状態で偏向器2及び3の電圧を連動して変えて軸合わせを行う。

(第2の実施形態) 電子線装置(パイポテンシャルレンズ) 次に第2の実施形態に係る、軸合わせされた電子線装置を説明する。なお、第1の実施形態と同様の構成要件については同一の符号を附して詳細な説明を省略する。

【0024】第2の実施形態は、対物レンズ系として、

2つの対物レンズ電極25及び26から構成されたバイポテンシャルレンズ20を用いる。バイポテンシャルレンズ20において、点23は、対物レンズ電極25によるレンズ中心、点24は、対物レンズ電極26によるレンズ中心である。軸15は、バイポテンシャルレンズ20の理想的な光軸である。

【0025】軸合わせの手順は、基本的に、第1の実施形態と同様に行う。

(第3の実施形態：半導体デバイスの電子線評価装置(走査型)) 第1及び第2の実施形態に従って軸合わせされた光学系をいわゆる走査型の半導体デバイスの電子線評価装置に適用した例を、第3の実施形態として図3に示す。

【0026】図3に示す電子線装置において、電子銃51のカソード52は、8個のエミッターが一列に並んで構成される。各エミッターは先端が30nm程度に尖っているため、高輝度の8本の一次電子ビームを放出する。該一次電子ビームをコンデンサレンズ53で集束し、クロスオーバーを形成する。この途中に、8個の開口を一列状に有する開口板54を設け、これらの開口を各々通過したマルチビームを2段の縮小レンズ55、57と、対物レンズ60とで縮小し、ターゲットの試料61上に結像させて8個の照射スポットを形成する。E×B分離器59は、マルチビームの焦点面38から離れた場所に設けられたので、一次電子ビームが静電偏向で左へ5°、電磁偏向で右へ10°、トータルで5°右へ偏向するように構成し、一次電子ビームの色収差が発生しないようにした。8本のマルチビームを試料上で走査するのは、偏向器66及びE×B分離器59が行う。

【0027】試料61の照射スポットから各々放出された二次電子は、E×B分離器59によって、静電偏向で右へ6°、電磁偏向で右へ13°、程度偏向されるので、トータルで19°右へ偏向され、一次電子ビームから分離される。二次電子ビームは、拡大レンズ62及び63で拡大され、開口板54の開口に対応する8個の孔を持つ検出孔板64に合焦される。夫々の孔を通過した二次電子ビームは、対応する検出素子65で検出される。検出素子65は、図示しない画像処理装置に接続され、該画像処理装置は、各検出素子の出力に基づいて試料の二次電子線による試料61の画像を得る。

【0028】対物レンズ60は、図1に示した3枚1組の対物レンズ電極、及び図2に示したバイポテンシャルレンズのいずれかを用いている。この対物レンズ60は、レンズのビームも収差を小さくして試料面上に結像させる必要があるので、図1又は図2に示した、電極間距離Lとボア径Dとの比L/Dを、4.0以上、好ましくは5.0以上とした場合に収差係数を小さくすることができる。

【0029】本評価装置による各種評価の例を以下に示す。パターンマッチングによるウェーハ61のパターン

欠陥検査法では、本評価装置を制御する図示しない制御部は、メモリに予め蓄えられていた欠陥の存在しないウェーハの二次電子線基準画像と、実際に検出された二次電子線画像とを比較照合し、両者の類似度を算出する。例えば、類似度が閾値以下になった場合、「欠陥有り」と判定し、閾値を超える場合には「欠陥無し」と判定する。このとき、図示しないCRTに検出画像を表示してもよい。これによって、オペレータは、ウェーハ61がどの程度の数の欠陥を持つかを最終的に確認、評価することができる。更に、画像の部分領域毎を比較照合し、欠陥が存在する領域を自動的に検出してもよい。このとき、欠陥部分の拡大画像をCRTに表示するのが好適である。

【0030】また、同じダイを多数有するウェーハの場合、上記のように基準画像を用いる必要無しに、検出されたダイ同士の検出画像を比較することによって欠陥部分を検出できる。例えば、図4(a)には、1番目に検出されたダイの画像31及び2番目に検出された他のダイの画像32が示されている。ダイ画像31とダイ画像32と非類似であり、3番目に検出された別のダイの画像が1番目の画像31と同じか又は類似と判断されれば、2番目のダイ画像32が欠陥を有すると判定される。更に詳細な比較により、2番目のダイ画像32の欠陥部分33を検出できる。このとき、検出画像をCRT5に表示すると共に欠陥部分と判定された部分をマーク表示してもよい。

【0031】図4(b)には、ウェーハ上に形成されたパターン線の線幅を測定する例が示されている。ウェーハ上の実際のパターン34を35の方向に走査したときの実際の二次電子の強度信号が36であり、この信号が予め較正して定められたスレッシュホールドレベル37を連続的に超える部分の幅38をパターン34の線幅として測定することができる。このように測定された線幅が所定の範囲内にならない場合、当該パターンが欠陥を有すると判定することができる。

【0032】図4(b)の線幅測定法は、ウェーハ61が複数の層から形成されているときの各層間の合わせ精度の測定にも応用することができる。例えば、1層目のリソグラフィで形成される第1のアライメント用パターンの近傍に、2層目のリソグラフィで形成される第2のアライメント用パターンを予め形成しておく。これらの2本のパターン間隔を図4(b)の方法を応用して測定し、その測定値を設計値と比較することにより2層間の合わせ精度を決定することができる。勿論、3層以上の場合にも適用することができる。この場合、第1及び第2のアライメント用パターンの間隔を、一次電子マルチビームの隣接するビーム間隔とほぼ等しい間隔に取っておけば、最小の走査量で合わせ精度を測定できる。

【0033】図4(c)には、ウェーハ上に形成されたパターンの電位コントラストを測定する例が示されてい

る。図3の電子線評価装置において、対物レンズ60とウェーハ61との間に軸対称の電極39を設け、例えばウェーハ電位0Vに対して-10Vの電位を与えておく。このときの-2Vの等電位面は40で示されるような形状とする。ここで、ウェーハに形成されたパターン41及び42は、夫々-4Vと0Vの電位であるとする。この場合、パターン41から放出された二次電子は-2V等電位面40で2eVの運動エネルギーに相当する上向きの速度を持っているので、このポテンシャル障壁40を越え、軌道43に示すように電極39から脱出し、検出器12で検出される。一方、パターン42から放出された二次電子は-2Vの電位障壁を越えられず、軌道44に示すようにウェーハ面に追い戻されるので、検出されない。従って、パターン41の検出画像は明るく、パターン42の検出画像は暗くなる。かくして、ウェーハ61の被検査領域の電位コントラストが得られる。検出画像の明るさと電位とを予め較正しておけば、検出画像からパターン42の電位を測定することができる。そして、この電位分布からパターン42の欠陥部分を評価することができる。

【0034】図3において、コンデンサレンズ53とマルチ開口板54との間に図示しないブランキング偏向器を設け、この偏向器によって一次電子線をクロスオーバー結像点近傍に設けられたナイフエッジ状ビームストッパーに所定周期で偏向させ、当該ビームを短時間のみ通して他の時間は遮断することを繰り返すことによって、短いパルス幅のビーム束を作ることが可能となる。このような短パルス幅ビームを用いて上記したようなウェーハ上の電位測定等を行えば、高時間分解能でデバイス動作を解析可能となる。即ち、本電子線装置をいわゆるEBステアとして使用することができる。

【0035】本実施形態では、第1及び第2の実施形態で示したように、収差補正能力の優れた厚みのある対物レンズ60の組合わせを行っているため、収差の少ない二次電子画像が得られ、よって、上記各評価を高精度で実行することができる。（第4の実施形態：半導体デバイスの製造方法）本実施形態は、上記第3の実施形態で示した電子線装置を半導体デバイス製造工程におけるウェーハの評価に適用したものである。

【0036】デバイス製造工程の一例を図5のフローチャートに従って説明する。この製造工程例は以下の各主工程を含む。

- ① ウェーハ61を製造するウェーハ製造工程（又はウェーハを準備する準備工程）（ステップ100）
- ② 露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）（ステップ101）
- ③ ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセス工程（ステップ102）
- ④ ウェーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出

し、動作可能ならしめるチップ組立工程（ステップ103）

- ⑤ 組み立てられたチップを検査するチップ検査工程（ステップ104）なお、各々の工程は、更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0037】これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェーハプロセス工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセス工程は以下の各工程を含む。

- ① 絶縁層となる誘電体薄膜や配線層、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）
 - ② 形成された薄膜層やウェーハ基板を酸化する酸化工程
 - ③ 薄膜層やウェーハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィ工程
 - ④ レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）
 - ⑤ イオン・不純物注入拡散工程
 - ⑥ レジスト剥離工程
 - ⑦ 加工されたウェーハを検査する検査工程
- なお、ウェーハプロセス工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0038】上記ウェーハプロセス工程の中核をなすリソグラフィ工程を図6のフローチャートに示す。このリソグラフィ工程は以下の各工程を含む。

- ① 前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程（ステップ200）
- ② レジストを露光する露光工程（ステップ201）
- ③ 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程（ステップ202）
- ④ 現像されたパターンを安定化させるためのアニール工程（ステップ203）以上の半導体デバイス製造工程、ウェーハプロセス工程、リソグラフィ工程には周知の工程が適用される。

【0039】上記⑦のウェーハ検査工程において、本発明の上記第3実施形態に係る評価装置を用いた場合、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、高スループットで高精度に評価することができるので、製品の歩留向上及び欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【0040】以上が上記各実施形態であるが、本発明は、上記例にのみ限定されるものではない。例えば、4枚以上のレンズ電極からなる対物レンズ系や3つ以上の偏向主点を有する偏向系ポテンシャルレンズにおいて

も、本発明の組合わせ方法を拡大適用することによって、高精度の組合わせが実現できる。

【0041】また、第3の実施形態では、マルチビーム型の電子線装置を適用例として掲げたが、いわゆる写像投影型の電子線装置に、本発明に従って組合わせをした対物レンズを用いてもよい。また、適用対象も電子線を試料に投影するための対物レンズに限定されず、任意の電子光学部品、例えば検出器側に結像させるレンズ系にも適用することができる。更には、試料の評価装置のみに限られず、電子線を対象に結像させる電子線装置一般にも用いることができる。

【0042】また、被検査試料として半導体ウェーハを例に掲げたが、本発明の被検査試料はこれに限定されず、電子線によって欠陥を検出可能なパターン等が形成された任意の試料、例えばマスク等を評価対象とすることができる。

【0043】更に、ウェーハのパターンを検査することができれば、電子以外の荷電粒子を用いてもよい。

【0044】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明の荷電粒子線装置によれば、厚肉レンズやその他の光軸方向に厚い電子光学部品を使用した場合であっても、そのレンズ軸に沿って主光線を正確に組合わせることができる、という優れた効果が得られる。

【0045】更に本発明のデバイス製造方法によれば、より低収差の厚レンズを高精度に組合わせられた上記荷電粒子線装置を用いてプロセス途中又は完成品のウェーハを高精度に評価できるようになったので、デバイス製造の歩留まりを向上させると共に、欠陥製品の出荷を未然に防止することができる、という優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る電子線装置における組合わせに関連する部分の拡大図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る電子線装置における組合わせに関連する部分の拡大図である。

【図3】第1及び第2の実施形態に従って組合わせされた対物レンズを備えた、走査型の半導体デバイスの電子線評価装置の概略構成図である。

【図4】本発明に係るウェーハ検査方法を説明する図であって、(a)はパターン欠陥検出、(b)は線幅測定、(c)は電位コントラスト測定を示す。

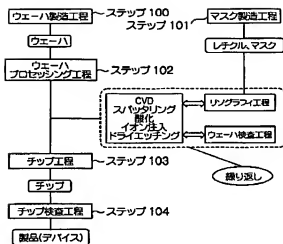
【図5】半導体デバイス製造プロセスを示すフローチャートである。

【図6】図5の半導体デバイス製造プロセスのうちリソグラフィプロセスを示すフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 前段レンズ
- 2、3 偏向器（組合わせ装置）
- 4 電子側電極（第1の電極）
- 5 中央電極（第2の電極）
- 6 試料側電極（第3の電極）
- 7 試料（半導体ウェーハ）
- 8 対物レンズ
- 11 走査偏向器
- 12 マーク
- 13 電極4、5の中心（第1の偏向主点）
- 14 電極5、6の中心（第2の偏向主点）
- 23 電極25の中心（第1の偏向主点）
- 24 電極26の中心（第2の偏向主点）
- 25、26 バイポテンシャルレンズの電極
- 31 1番目のダイでの検出画像
- 32 2番目のダイでの検出画像
- 33 ダイの欠陥部分
- 34 パターン
- 35 走査方向範囲
- 36 二次電子強度信号
- 37 スレッシュホールドレベル
- 38 線幅
- 39 軸対称電極
- 40 2Vの等電位面
- 41 低ポテンシャルパターン
- 42 高ポテンシャルパターン
- 43 低ポテンシャルパターンからの二次電子軌道
- 44 高ポテンシャルパターンからの二次電子軌道
- 51 電子銃
- 54 マルチ開口板
- 55 第1の縮小レンズ
- 56 マルチビームの第1縮小像
- 57 第2の縮小レンズ
- 58 マルチビームの第2縮小像
- 59 E×B分離器
- 60 対物レンズ
- 61 半導体ウェーハ
- 62、63 拡大レンズ（二次光学系）
- 64 検出器側マルチ開口板
- 65 検出器

【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	FI	キーワード (参考)
G 2 1 K 5/04		G 2 1 K 5/04	W
H 0 1 J 37/12		H 0 1 J 37/12	
37/28		37/28	B
		G 0 1 R 31/28	L
(72) 発明者 中筋 護	東京都大田区羽田旭町11番1号 荏原マイ スター株式会社内	(72) 発明者 佐竹 徹	東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 荏原製作所内
(72) 発明者 野路 伸治	東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 荏原製作所内	F ターム (参考)	2G011 AA01 AC06 AE03 2G132 AA00 AD15 AE04 AE16 AF13 2H095 BD14 BD20 5C033 CC02 FF03 UU01 UU02